



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**STUDI TINGKAT KEAUSAN PAHAT BUBUT JENIS *HIGH SPEED STEEL*
(HSS) BOHLER TIPE MOLYBDENUM (M2) DAN BOHLER TIPE *COLD*
WORK TOOL STEEL (A2) PADA PEMBUBUTAN BAJA ST 40**

TUGAS AKHIR

**MUHAMMAD RAFSANJANI
L2E 006 070**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
DESEMBER 2010**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Muhammad Rafsanjani
NIM : L2E 006 070

Dosen Pembimbing : Sri Nugroho, S.T, M.T, Ph.D

Jangka Waktu : 9 (sembilan) bulan.

Judul : STUDI TINGKAT KEAUSAN PAHAT BUBUT JENIS *HIGH SPEED STEEL* (HSS) BOHLER TIPE MOLYBDENUM (M2) DAN BOHLER TIPE *COLD WORK TOOL STEEL* (A2) PADA PEMBUBUTAN BAJA ST 40

Isi Tugas : Mengetahui dan membandingkan tingkat laju keausan pahat bubut serta umur pakai (*tool life*) pahat bubut berdasarkan lamanya pemakaian pahat bubut serta mengetahui umur pahat berdasarkan rumus umur pahat *taylor*.

.

Semarang, 27 Desember 2010

Menyetujui,

Dosen Pembimbing




Sri Nugroho, S.T, M.T, PhD
NIP. 197501181999031001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Muhammad Rafsanjani

NIM : L2E 006070

Tanda Tangan : 


Tanggal : 21 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Muhammad Rafsanjani
NIM : L2E 006 070
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Studi Tingkat Keausan Pahat Bubut Jenis *High Speed Steel* (HSS) Bohler Tipe Molybdenum (M2) dan Bohler Tipe *Cold Work Tool Steel* (A2) pada Pembubutan Baja ST 40

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing	: Sri Nugroho, S.T, M.T, PhD	()
Penguji	: Dr. Susilo Adi Widyanto, S.T, M.T	()
Penguji	: Dr. Syaiful, S.T, M.T	()
Penguji	: Khoiri Rozi, S.T, M.T	()

Semarang, 27 Desember 2010

Ketua
Jurusan Teknik Mesin,

Dr.Ir.Dipl Ing Berkah Fajar TK.
NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rafsanjani
NIM : L2E 006 070
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Studi Tingkat Keausan Pahat Bubut Jenis *High Speed Steel* (HSS) Bohler Tipe Molybdenum (M2) dan Bohler Tipe *Cold Work Tool Steel* (A2) pada Pembubutan Baja ST 40 ”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 21 Desember 2010

Yang menyatakan



(**Muhammad Rafsanjani**)

ABSTRAK

Pahat merupakan komponen utama dalam proses permesinan selain mesin bubut dan benda kerja. Dipasaran pahat yang paling banyak ditemukan adalah pahat jenis HSS (*High Speed Steel*) dan Karbida. Pahat jenis HSS masih banyak digunakan untuk proses permesinan pada skala industri menengah kebawah dan tergantung pada material benda kerja. Ada tiga jenis pahat HSS berdasarkan negara asal pembuat dengan merk yang sama namun memiliki harga yang berbeda. Pahat HSS BOHLER tipe Molybdenum dengan harga yang paling mahal dan HSS BOHLER tipe *Cold work tool steel* memiliki harga yang paling murah, tentunya dalam hal ini akan menimbulkan pertanyaan mengapa dengan merk pahat yang sama namun dari segi harga sangat berbeda.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian keausan tepi pada pahat bubut HSS untuk menentukan perbandingan ketahanan terhadap keausan. Material uji menggunakan *BOHLER RAPID EXTRA* 1200 dengan ukuran 3/8 x 4" tipe molybdenum dan tipe cold work tool steel. Material benda kerja menggunakan baja ST40. Pengujian keausan tepi pahat dilakukan dengan memakamkan pahat pada benda kerja dengan kondisi pemotongan yang telah ditentukan kemudian mengukur besarnya keausan tepi (VB) menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan *dial indicator* dan metode *pixel*.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pahat bubut HSS tipe Molybdenum dengan harga yang lebih mahal tetapi memiliki ketahanan terhadap keausan yang lebih tinggi dan umur pahat (*Tool Life*) yang lebih lama dari pada pahat HSS tipe *Cold work tool steel*. Laju Keausan tepi pahat bubut HSS semakin meningkat dengan bertambahnya kecepatan potong (*cutting speed*). Laju keausan tepi pahat HSS tipe Molybdenum lebih lambat dari pada pahat HSS tipe *Cold work tool steel*. Dengan nilai kekerasan yang lebih tinggi dan kandungan karbida yang lebih banyak dan tersebar hampir merata membuat pahat bubut HSS tipe molybdenum lebih tahan aus dan umur pakai yang lebih panjang dari pada HSS tipe *Cold work tool steel*.

Kata Kunci: Pahat HSS, Keausan tepi, Umur pahat, Kecepatan potong

ABSTRACT

The cutting tools is main tools at machining process besides turning machine and workpiece. Commonly, HSS (High Speed Steel) and Carbide is the popular cutting tools that used. HSS is cutting tools that most used in medium manufacturing and based on workpiece. There are 3 country that produce HSS cutting tools with different price, HSS BOHLER type Molybdenum is most expensive and HSS BOHLER type Cold work tools steel is cheapest. Based on the fact, there are one question why they have different price.

This research use flank wear experiment to the HSS cutting tools to define ratio wear resistance to flank wear . The specimens were BOHLER RAPID EXTRA 1200 with 3/8 x 4" on size type Molybdenum and Cold work tool steel. The workpiece specimen used ST40 steel. Flank wear experiment of cutting tools had done by turning cutting tools to workpiece with cutting parameters that had given, then measured flank wear dimension (VB) using microscope that completed with dial indicator and pixel method.

The result showed that MolybdenumHSS cutting tool with more expensive but higher wear resistance and tool life its more time from Cold work tool steel HSS cutting tool. Wear rate flank wear cutting tool increase with more cutting speed. Wear rate flank wear is slower than Cold work tool steel HSS. With more hardness and carbide composition make cutting tool from HSS type Molybdenum more resistance than type Cold work tool steel HSS, so that HSS type Molybdenum have more tool live longer than HSS type Cold work tool steel.

Keywords: *HSS tool, Flank wear, Tool life, Cutting speed*

MOTTO :

- ✚ “ Seberatapun beratnya permasalahan yang kita hadapi namun apabila kita memiliki ketekunan, semangat yang tinggi dan percaya diri maka semuanya akan terselesaikan dengan baik”.

- ✚ “ Bersyukurlah atas semua nikmat yang telah diberikan oleh Allah SWT dan gunakanlah kesempatan yang ada untuk melakukan hal yang terbaik untuk saat ini dan masa depan”.

PERSEMBAHAN

Tugas sarjana ini kupersembahkan kepada:

- ✚ Kedua orang tuaku tercinta Bapak Achiyak Ulumudin dan Ibu Nanik Susmiati, yang selalu senantiasa memberikan dorongan baik material maupun spiritual, terima kasih atas kasih sayang serta cinta berbalut doa yang engkau berikan, terima kasih atas keringat yang telah engkau keluarkan hingga saat ini.
“Terima Kasih Bapak Ibuku.....”
- ✚ Nenek Markunah dan Adikku Aidah Auliyah yang selalu setia memberi Semangat dan Doa.
- ✚ Dan seluruh keluarga besarku, Terima Kasih atas semua nasehat dan semangat yang diberikan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta nikmat sehat sehingga tugas akhir yang merupakan tahap akhir dari proses memperoleh gelar sarjana di Teknik Mesin Universitas Diponegoro ini dapat terselesaikan.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari orang-orang yang telah membantu, oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Sri Nugroho ST, MT, PhD selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Margono selaku Teknisi Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
3. Saudara Ernes selaku Teknisi Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
4. Saudara Hendrikus Kedo Senoaji dan Mohammad Rifqi selaku partner dalam pengerjaan Tugas Akhir.
5. Teman-teman angkatan 2006 yang telah memberikan dorongan dan semangat sampai tugas akhir ini selesai.

Penulis sadar banyak kekurangan dalam tugas akhir ini, maka dari itu besar harapan untuk memberikan kritik maupun saran yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dapat dipahami dengan jelas bagi semua yang membaca.

Semarang, 27 Desember 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
HALAMAN MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
NOMENKLATUR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penulisan	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Proses Pemotongan	5
2.2 Proses Bubut.....	6
2.2.1 Mekanisme Pembentukan Geram.....	8
2.2.2 Bagian-Bagian Mesin Bubut	10
2.3 Pahat Bubut	11
2.3.1 Kemampuan Potong (<i>Cutting Ability</i>).....	13
2.3.2 Geometri Pahat	15

2.3.3 HSS (<i>High Speed Steel</i>)	22
2.3.4 Pembuatan Pahat Bubut HSS	23
2.3.5 <i>Heat Treatment</i> Pahat Bubut HSS.....	25
2.4 Pengujian Material	29
2.4.1 Pengujian Keausan Pahat	29
2.4.2 Mekanisme Umur Pahat Taylor	31
2.4.3 Mekanisme Keausan Pahat.....	34
BAB III METODE PENELITIAN.....	43
3.1 Diagram Alir Percobaan.....	43
3.2 Bahan dan Alat	44
3.2.1 Material Benda Kerja	44
3.2.2 Pahat Potong.....	45
3.2.3 Mesin Bubut	48
3.2.4 Mikroskop	49
3.2.5 Kamera	49
3.2.6 <i>Tool Grinding</i>	50
3.2.7 Dial Indicator.....	50
3.2.8 Cairan Pendingin (Bromus).....	51
3.2.9 Vernier Caliper	51
3.3 Prosedur Pengujian.....	52
3.3.1 Proses Permesinan.....	52
3.2.2 Pengukuran Keausan Tepi.....	53
BAB IV DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1 Data Hasil Pengujian	55
4.2 Analisa dan Pembahasan	67
4.2.1 Grafik dan Analisa Grafik Laju Keausan.....	67
4.2.2 Pembahasan Umur Pahat.....	73
4.2.3 Pembahasan Struktur Material Pahat HSS	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
5.1 Kesimpulan.....	83
5.2 Saran.....	84

DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skematis proses bubut.....	7
Gambar 2.2. Skema ilustrasi pahat bubut	7
Gambar 2.3 Mekanisme pembentukan geram.....	9
Gambar 2.4 Jenis-jenis chip yang diperoleh dalam pemotongan logam	9
Gambar 2.5 Komponen utama mesin bubut	10
Gambar 2.6 Pahat bubut jenis solid tool	12
Gambar 2.7 <i>Tool Bit</i>	13
Gambar 2.8 Perbandingan nilai kekerasan dengan rata-rata keausan untuk HSS.....	14
Gambar 2.9 Sudut sayat pada pahat bubut	16
Gambar 2.10 Sisi sayat normal	16
Gambar 2.11 Bentuk hasil pengasahan pahat bubut	17
Gambar 2.12 Kebebasan sisi potong dan kebebasan muka pada pemotongan daengan pahat bubut	18
Gambar 2.13 Pendekatan sudut dan sisi sudut potong	19
Gambar 2.14 Sudut sayat dan sudut bebas	19
Gambar 2.15 Sisi potong pahat bentuk radius	20
Gambar 2.16 Kebebasan muka dan tepi pahat bubut	20
Gambar 2.17 Bentuk geometri (a)Pahat HSS, (b) Karbida, (c) Standart sudut HSS	21
Gambar2.18 Perbandingan proses pembuatan HSS dengan metode pengecoran (konvensional) dan <i>powder metallurgy</i>	25
Gambar2.19 Struktur mikro HSS pada proses annealing yang terdiri dari besi dan campuran karbida dengan perbesaran 1000x	26
Gambar 2.20 Struktur mikro proses hardening, hasil temper pada HSS memiliki struktur martensit dan karbida dengan perbesaran 1000x	27
Gambar 2.21 Diagram transformasi waktu dan temperatur HSS tipe M2 pada proses <i>quenching</i> , temperatur ausntenit 1230 ⁰ C (2250 ⁰ F) dan temperature kritis pada 830 ⁰ C (1530 ⁰ F)	27
Gambar 2.22 Grafik <i>temper</i> pada HSS tipeM2.....	28

Gambar 2.23 <i>Tempering</i> yang dilakukan berulang untuk meningkatkan ketangguhan dan pengerasan kedua pada HSS	29
Gambar 2.24 Mekanisme keausan permukaan.....	30
Gambar 2.25 Keausan tepi berdasarkan standar ISO 3685:1993.....	31
Gambar 2.26 Keausan kawah dan keausan tepi	31
Gambar 2.27 Pertumbuhan keausan tepi untuk gerak makan tertentu dan kecepatan potong yang berbeda.	32
Gambar 2.28 Skematis terjadinya proses abrasif	34
Gambar 2.29 Metode keausan abrasif	35
Gambar 2.30 Temperatur pada proses pemotongan.....	36
Gambar 2.31 Tekanan permukaan ujung pahat pada benda kerja	37
Gambar 2.32 Plot mekanisme keausan dan daerah pengoperasian yang aman untuk proses pemotongan.....	38
Gambar 2.33 Keausan pahat yang disebabkan oleh proses difusi	40
Gambar 3.1 Diagram alir percobaan	43
Gambar 3.2 Benda kerja ST40 atau AISI (<i>American Iron And Steel Institute</i>)1010	44
Gambar 3.3 Pahat bubut HSS BOHLER tipe Molybdenum (M2).....	45
Gambar 3.4 Pahat bubut HSS BOHLER tipe <i>Cold work tool steel</i> (A2).....	45
Gambar 3.5 Geometri pahat bubut.....	47
Gambar 3.6 Mesin bubut EMCO Maximat V13.....	48
Gambar 3.7 Mikroskop optik Olympus	49
Gambar 3.8 Kamera digital Panasonic Lumix DMC-F3 12 MP.....	49
Gambar 3.9 Mesin <i>Bench Universal Tool and Cutter Grinder</i>	50
Gambar 3.10 Dial Indicator.....	51
Gambar 3.11 Cairan pendingin (bromus).....	51
Gambar 3.12 <i>Vernier caliper</i> (Jangka Sorong)	52
Gambar 3.13 Set up mesin bubut	52
Gambar 3.14 Pengujian keausan tepi	54
Gambar 4.1 Grafik pertumbuhan keausan tepi pahat HSS Tipe molybdenum menggunakan <i>Metode Dial Indicator</i>	67
Gambar 4.2 Grafik pertumbuhan keausan tepi pahat HSS	

Tipe Molybdenum menggunakan <i>Metode Pixel</i>	68
Gambar 4.3 Keausan yang terjadi pada $t = 35$ menit HSS Molybdenum V1	69
Gambar 4.4 Mekanisme terjadinya Built Up Edge (BUE)	69
Gambar 4.5 Grafik pertumbuhan keausan tepi pahat HSS tipe Cold work tool steel menggunakan <i>Metode Dial Indicator</i>	70
Gambar 4.6 Grafik pertumbuhan keausan tepi pahat HSS Tipe Cold work tool steel menggunakan <i>Metode Pixel</i>	71
Gambar 4.7 Keausan (BUE) yang terjadi pada $t = 50$ pada V1	72
Gambar 4.8 Perbandingan besarnya keausan HSS Molybdenum dan <i>Cold work tool steel</i> pada kecepatan potong yang berbeda	73
Gambar 4.9 Grafik perbandingan selisih umur pahat Molybdenum vs <i>Cold work tool steel</i>	74
Gambar 4.10 Grafik Laju Keausan Pahat HSS tipe Molybdenum – <i>Cold work tool steel</i> Dengan Metode <i>Dial Indicator (Taylor Equation)</i>	74
Gambar 4.11 Grafik Laju Keausan Pahat HSS tipe Molybdenum – <i>Cold work tool steel</i> Dengan Metode <i>Pixel (Taylor Equation)</i>	75
Gambar 4.12 Struktur mikro pahat bubut HSS <i>Cold work tool steel</i> perbesaran 500x ..	77
Gambar 4.13 Struktur mikro pahat bubut HSS <i>Cold work tool steel</i> perbesaran 1000x	77
Gambar 4.14 Struktur mikro pahat bubut HSS molybdenum perbesaran 500x.....	78
Gambar 4.15 Struktur mikro pahat bubut HSS molybdenum perbesaran 1000x.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Sifat mekanis ST40 (AISI 1010).....	44
Tabel 3.2 Komposisi kimia baja karbon AISI 1010.....	45
Tabel 3.3 Referensi pemakaian pahat HSS jenis M untuk pembubutan	46
Tabel 3.4 Spesifikasi teknis mesin bubut.....	48
Tabel 3.5 Parameter kondisi pemotongan pahat HSS merk BOHLER.....	53
Tabel 4.1 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS molybdenum Dengan Metode <i>Dial Indicator</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 19,99$ m/min	55
Tabel 4.2 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Molybdenum Dengan Metode <i>Dial Indicator</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 25,72$ m/min	56
Tabel 4.3 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Molybdenum Dengan Metode <i>Dial Indicator</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 26,53$ m/min	57
Tabel 4.4 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Molybdenum Dengan Metode <i>Dial Indicator</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 30,65$ m/min	58
Tabel 4.5 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Cold work tool steel Dengan Metode <i>Dial Indicator</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 19,99$ m/min.....	58
Tabel 4.6 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Cold work tool steel Dengan Metode <i>Dial Indicator</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 25,72$ m/min.....	59
Tabel 4.7 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Cold work tool steel Dengan Metode <i>Dial Indicator</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 26,53$ m/min	60
Tabel 4.8 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Cold work tool steel Dengan Metode <i>Dial Indicator</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 30,65$ m/min	60
Tabel 4.9 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Molybdenum Dengan Metode <i>Pixel</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 19,99$ m/min	61
Tabel 4.10 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Molybdenum Dengan Metode <i>Pixel</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 25,72$ m/min	62
Tabel 4.11 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Molybdenum Dengan Metode <i>Pixel</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 26,53$ m/min	63

Tabel 4.12 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Molybdenum Dengan Metode <i>Pixel</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 30,65$ m/min	63
Tabel 4.13 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Cold work tool steel Dengan Metode <i>Pixel</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 19,99$ m/min.....	64
Tabel 4.14 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Cold work tool steel Dengan Metode <i>Pixel</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 25,72$ m/min.....	65
Tabel 4.15 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Cold work tool steel Dengan Metode <i>Pixel</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 26,53$ m/min.....	65
Tabel 4.16 Data Pengujian Keausan Tepi Pahat HSS Cold work tool steel Dengan Metode <i>Pixel</i> Pada Kecepatan Potong $V_c = 30,65$ m/min	66
Tabel 4.17 <i>Tool Life (Dial Indicator)</i>	74
Tabel 4.18 <i>Tool Life (Pixel Method)</i>	74
Tabel 4.19 Komposisi Kimia Pahat Bubut HSS Cold work tool steel.....	79
Tabel 4.20 Komposisi Kimia Pahat Bubut HSS Molybdenum.....	80
Tabel 4.21 Harga Komposisi Kimia Pahat HSS Molybdenum.....	81
Tabel 4.22 Harga Komposisi Kimia Pahat HSS Cold work tool steel.....	82

NOMENKLATUR

a	kedalaman potong
C	Konstanta umur pahat Taylor
dm	Diameter akhir
do	Diameter awal
f	Kecepatan makan
HRC	Angka kekerasan Rockwell Skala C
lt	Panjang pemotongan
MRR	Laju pembuangan geram
N	Putaran poros spindel
n	Harga eksponen umur pahat
tc	Waktu pemotongan
V	Kecepatan potong
Vf	Kecepatan makan
V _{bmax}	Batas keausan maksimum
γ	Berat spesifik
E	Modulus elastisitas
HB	Hardness Brinell
γ_o	Sudut geram

DAFTAR LAMPIRAN

1. Dokumentasi Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat HSS BOHLER *Cold work tool steel* pada Kecepatan Potong $V_c = 19,99$ m/min
2. Dokumentasi Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat HSS BOHLER *Cold work tool steel* pada Kecepatan Potong $V_c = 25,72$ m/min
3. Dokumentasi Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat HSS BOHLER *Cold work tool steel* pada Kecepatan Potong $V_c = 26,53$ m/min
4. Dokumentasi Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat HSS BOHLER *Cold work tool steel* pada Kecepatan Potong $V_c = 30,65$ m/min
5. Dokumentasi Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat HSS BOHLER Molybdenum pada Kecepatan Potong $V_c = 19,99$ m/min
6. Dokumentasi Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat HSS BOHLER Molybdenum pada Kecepatan Potong $V_c = 25,72$ m/min
7. Dokumentasi Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat HSS BOHLER Molybdenum pada Kecepatan Potong $V_c = 26,53$ m/min
8. Dokumentasi Hasil Pengukuran Keausan Tepi Pahat HSS BOHLER Molybdenum pada Kecepatan Potong $V_c = 30,65$ m/min
9. Data Hasil Pengukuran dengan Menggunakan Dial Indicator HSS BOHLER Molybdenum dan *Cold Work Tool Steel*